自作コンテスト／中出力パワーアンプ部門・入賞作品

半導体式定電圧電源，保護回路搭載

2A3ドライブ2A3パラレル プッシュプルパワーアンプ

城谷俊彦 Shirotani Toshihiko



本機は，特に音楽を聴く人を納得させるために製作した．私の周囲には音楽を聴くことの好きな仲間がたくさんいて，回路の中身などどうでも良いのだ．この人々の注文は，まずアンプの格好，ピアニシモからの立ち上がりや，弦楽器の響き，全体としての音場，長時間聴いていて疲れないなどで，中々うるさい．エンジニアを自称する小生にとって，「なにくそ」と思いつつ，厳しい？ ヒアリングテストで回路や真空管を替え試作を繰り返し，完成したのがこのアンプ．

はじめに

うるさい人々の要求を私なりに技術的に解釈すると，①聴感上のS/Nが高いこと，②微小音量からのパワーリニアリティーが優れていること，③ピーク出力時に歪まないよう，充分な余裕のあること，などとなる．

具体的には残留ノイズ，電源の変動，リップルを抑え，ダイミナックインピーダンスの低減を図り充分な容量を持たせる．シャシーの剛性を充分高くしてマイクロフォニックノイズを低減する．特にシャシーの剛性は真空管を用いた場合極めて重要で，シャシーの音響特性が音質に影響を与えることは必至である．これは，真空管アンプに他の装置を用いて音圧を与え，無音であるはずのアンプの出力を観測すればその影響は歴然である（残留ノイズなど問題にならないほど大きい）．また微小音量からのパワーリニアリティーについては，偏見かもしれぬが，直熱3極管（気に入っている**2A3**）をNFBなしか，ほとんどかけないで使用することが良いと考えた．ヒアリングからはNFB 3 dBが適量であった．

回路構成

回路構成は**図1**，**図2**に示すとおり増幅器としては極めてシンプルなものである．ただし，電源回路はこの古典球を現代に蘇らせるため半導体回路で「武装」し，各種の保護回路やタイマーを付加した．これらは以下順次概要を述べる．

出力管回路と動作条件の設定

出力管はパラプッシュとして充分な出力を確保するとともに内部抵抗を下げ，ダンピングファクターの増加も狙った．AB_1級固定バイアス動作としてアイドリング電流は30mA／本，プレート電圧は330Vと若干高めに設定しているが，プレート損失は約10Wで最大定格の67%で使用している．アイドリング電流を変えて実験したが歪率，聴感も差異がなく，寿命を考慮して採用した．

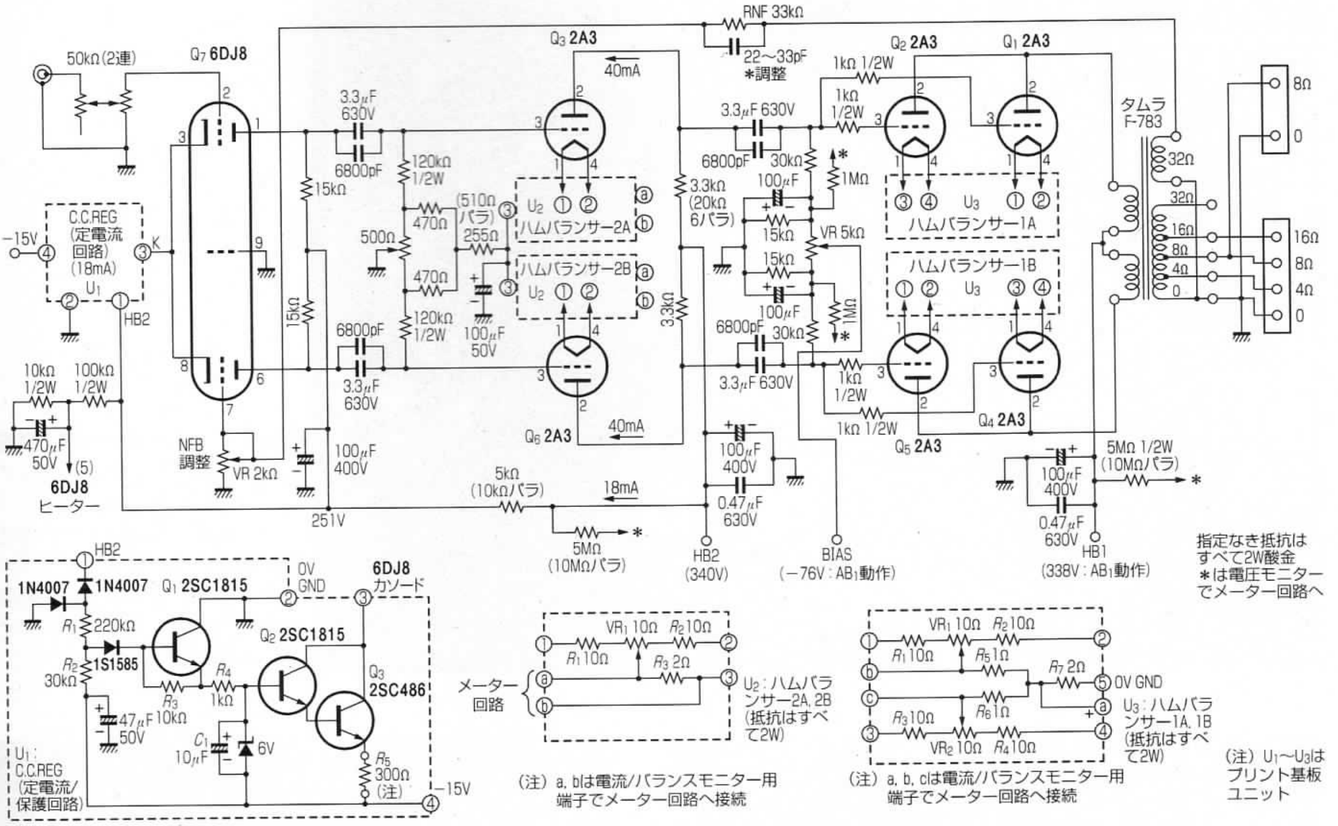
出力トランスはコストパフォーマンスが良く，1次電流が多く取れるタムラF-783を使用し，プレート負荷は5 kΩ ppと高めに設定した．2次側を2.5kΩで使用した場合（8 Ω負荷時はトランスの4 Ωに接続）出力は22W→28W（クリップ開始），ダンピングファクターは約5.6→3（NFB＝3 dB）となる．グリッドバイアスはこのときおよそ −67Vである．

グリッド抵抗は30kΩ，並列接

クタ
定バ
グ電
圧は
いる
で最
、ア
した
寿命

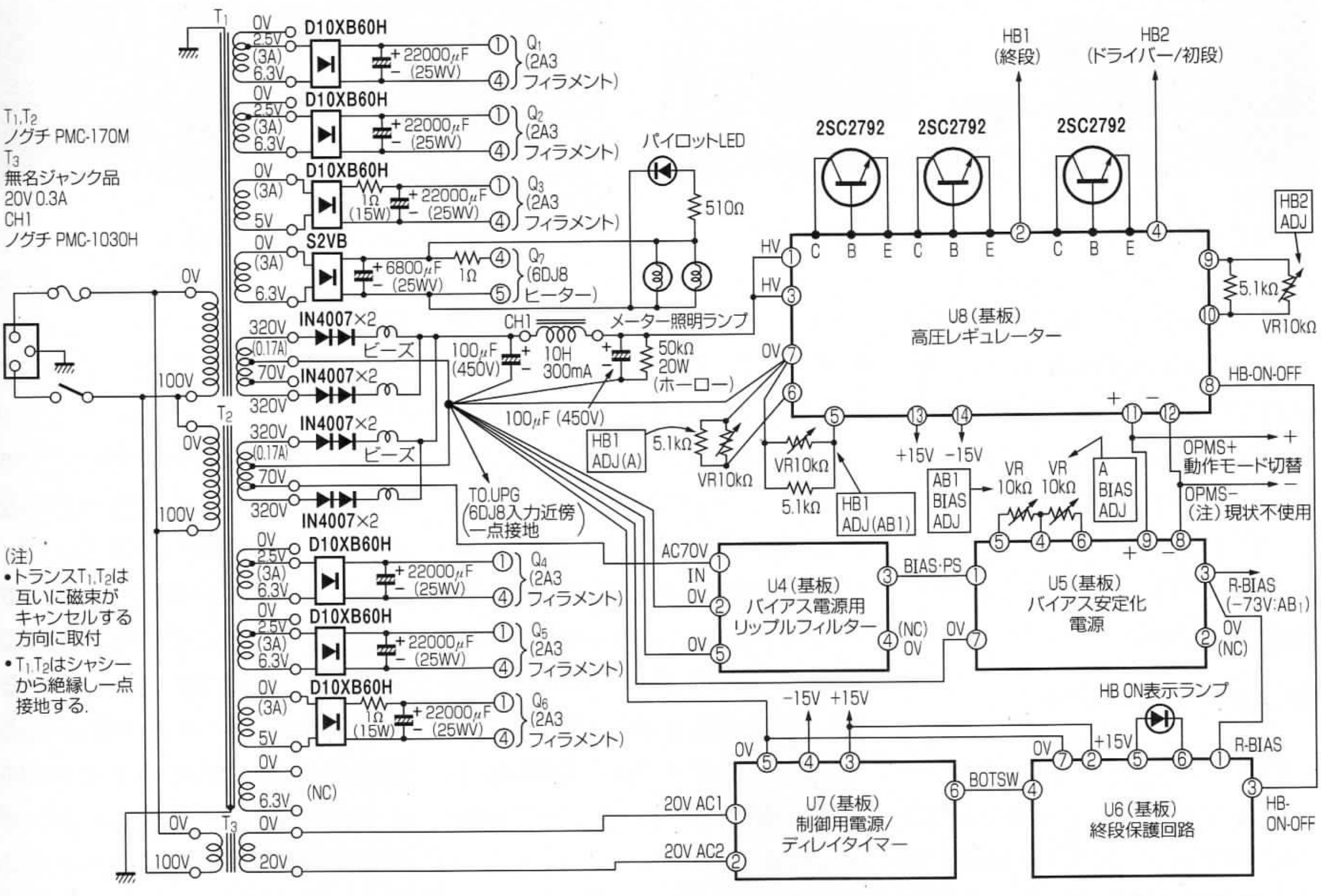
ォー
く取
プレ
設定
した
の4
7(ク
ァク
）と
のと

列接

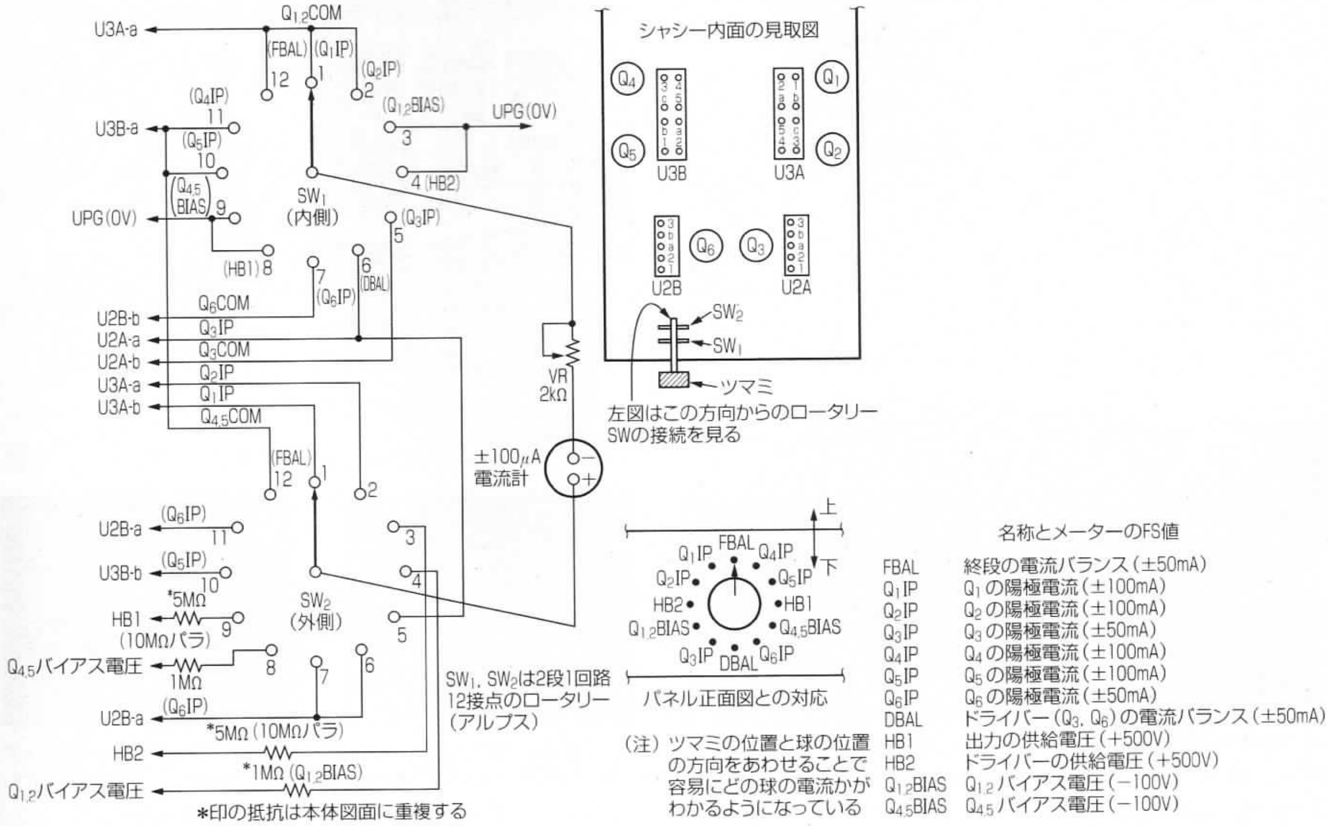


（注）R5は6DJ8電流調整
この回路はHB2がON状態時のみ動作し，電源投入時などに6DJ8のグリッド電流を防止する．

［図1］ 2A3 パラプッシュプルアンプ主回路
初段定電流回路，ハムバランサーは基板ユニット構成で，電流／DC バランスモニター用抵抗を実装



［図2］ 電源系統接続図 アースライン (0V) は電源トランスの0V近傍で集め，初段の入力付近でシャシーに一点接地している



[図3] モニター回路 ±100μA の電流計で 6 本の 2A3 の動作がモニターできる．スイッチの位置と真空管の対応を工夫した

ズ低減のため初段を含め全段直流点火とした．

高圧のシリーズレギュレーター回路を採用し，出力段と初段／ドライバーの 2 系統に分け干渉の除去と設定電圧を容易にした．回路は，安価に構成するため制御部分は汎用オペアンプ IC を用い，高圧部と切り離した設計とした．温度安定度は安定状態まで 340V で約 5 V の変動があるが，許容可能な範囲である．

高圧トランジスターは TV の偏向用 V_{CEO} 900V の安価なものを必要に応じ並列で使用している．気をつけることは高圧 on 時の制御 Tr 電力（カレントリミッターの制限電流×入力電圧）が安全動作領域（あるいは P_C）を超えないこと，および並列使用の際の電流を揃えるために，エミッターに10Ω程度の抵抗を入れることである．これを怠るとトランジスターは瞬時に破壊する．

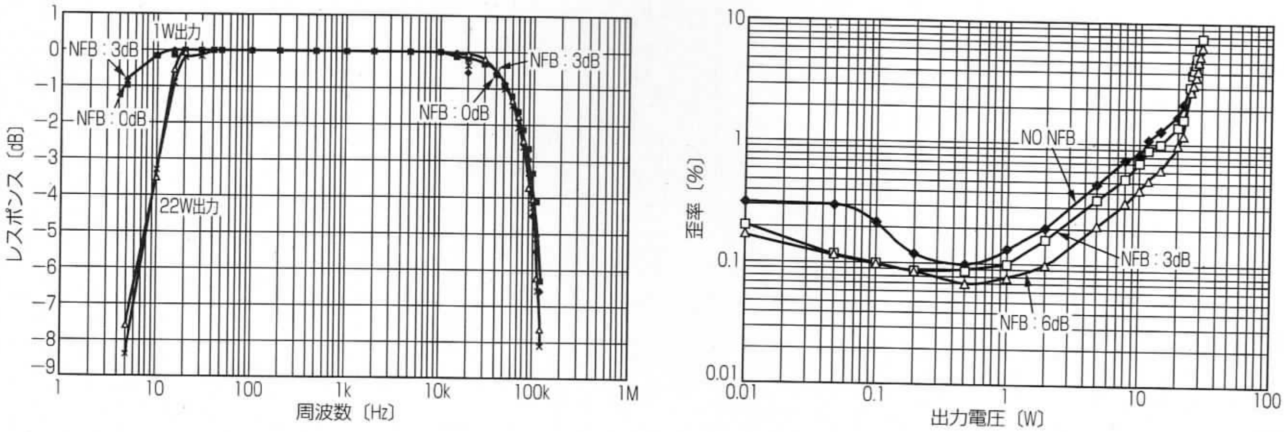
ダイナミックインピーダンスは 10Hz～50kHz で 0.75Ω 以下である．高圧回路はタイマーで制御し，AC 投入後 21秒のウォームアップで立ち上がる．タイマーのクロックは 50Hz をカウンターで分周している．

シャシー構造／部品配置

シャシーはすべて 3 mm のアルミ部材で自作した．素人が加工できる限界であろう．内部は放熱を兼ねた隔壁やリブを入れ，真空管は放熱のためすべて埋め込みとした 2 重構造である．サイドパネルは配線が容易となるよう脱着可能とし，部品はほとんど上面パネルに集めた．構造／部品配置は**写真 1 ～ 3** のように強固である．**2A3** のような ST 管を使った場合，内部電極の共振周波数は低く（叩けばカンコン音がする）この近くにシャシーの共振点が重なると悲劇的である．剛性を上げることは共振点を高く上げて離すことになり，振動振幅も周波数の 2 乗に反比例し小さくなる．減衰（Qを下げる）は貼り合わせ部分で摩擦熱として逃がすしかない．この方法で良好な結果を得た．

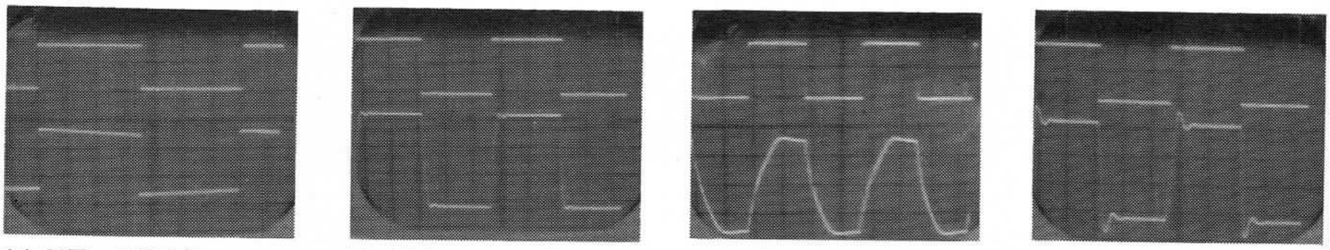
保護回路とモニター回路

保護回路はバイアス異常で高圧を遮断し出力管を保護する回路，AC 電源投入時～高圧が立ち上がるまでに初段管にグリッド電流が流れるのを阻止する回路（**図 1**；少々凝りすぎたと反省しているが何がしか必要である）を用意した．



3 dB の NFB は歪率改善に効果がある．22W の低域特性は F-783 の優秀さを示している

［図 4］ 周波数特性（8 Ω，1 kHz）と全高調波歪率



(1) 30Hz 負荷 8 Ω 5 ms／DIV，5 V／DIV(下)

(2) 10kHz 負荷 8 Ω 20μs／DIV，2 V／DIV(下)

(3) 50kHz 負荷 8 Ω 5 μs／DIV，2 V／DIV(下)

(4) 10kHz 負荷 8 Ω+0.47μF 20μs／DIV，2 V／DIV(下)

［写真 4］ 方形波応答特性（NFB=3 dB）

モニター回路は必要かつ非常に便利である．**図 3** に示すが，6 本のドライバー／出力管の電流電圧，DC バランスを切り換え，±100μA の電流計でモニターする．

製　作

高圧電源，制御電源／タイマー，バイアス電源，定電流回路，ハムバランサーなどはそれぞれプリント基板化し，コンパクトにまとめた．配線で重要なのはリターンライン（アース線）である．電源部は**図 1** のように一点でまとめ，入力付近に一点接地し，増幅部は格段ごとにまとめ同様に接続した．

調整と特性測定

ハムバランサーの調整は微妙であるが，回路電流が安定した後残留ノイズが最小となるよう根気良く行う必要がある．チャンピオンデータとしては 0.2〜0.3mV 程度（A フィルター付きの場合 35μV 程度）で，実用上は 1 mV 以下であれば問題ない．能率 100dB を超える AXIOM 80 に耳をくっ付けてやっと聴こえる程度である．

周波数特性（**図 4 左**）で示すように素直で高域に妙な暴れはなく，方形波応答（**写真 4**）もこれを裏付けている．全高調波歪率（**図 4 右**）は 3 dB の NFB により改善され，22W を超えクリップが開始されるとともに増加する（微小出力での歪み増加は測定系の影響）．ダンピングファクター（on-off 法／8Ω）は NFB=0，3，6 dB でそれぞれ 3.5，5.6，7（20Hz〜20kHz）である．

その他留意点

2A3（中国製）はフィラメントが細く，シャシーを横倒しにて調整するとフィラメントが弛み，不良やノイズ発生の原因ともなる．**2A3** に限らず直熱管の取り扱いに注意が必要で，調整箇所はすべて上面からできるような構造とすべきであった．

本機は完成後約1000時間以上動作しているが，設計に起因するトラブルはない．

おわりに

回路図や部品で「音」を聴き，独断と偏見に陥りやすいエンジニアにとって，こうしたアプローチは楽しみ方のひとつであると思う．こちらの感性も高まり，違った世界が開かれるから不思議である．る．

完成までの道中，小生の技術屋魂を奮い立たせてくれた私の周りの「音楽評論家」諸氏に感謝する次第である．